

УДК 681.51

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОРЕСУРСОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

**Моргачев А.М.****научный руководитель канд. техн. наук Чистяков Г.Н.*****Сибирский федеральный университет, Саяно-Шушенский Филиал***

Благодаря многолетним исследованиям в области автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ), проводимых во Всесоюзном научно – исследовательском институте электроэнергетики, Ленинградском и Московском отделениях института Гидропроект, Ленинградском, Московском и Новосибирском отделениях института Энергосетьпроект, Московском энергетическом институте, Новосибирском Государственном техническом университете, Санкт-Петербургском Государственном техническом университете, Сибирским научно-исследовательским институте энергетики, Сибирском энергетическом институте, Уральском Государственном техническом университете и ряде других, для районных и объединенных энергосистем, электрических станций и подстанций, были достигнуты значительные успехи и получены серьезные научные результаты по всей проблеме управления электроэнергетических систем (ЭЭС), в том числе и в области решения ситуационных задач [1].

Изменение текущей ситуации в ЭЭС, которая характеризуется рядом параметров текущего режимного состояния, как правило, вызывает ответную реакцию системы управления ЭЭС в виде выработки соответствующего управляющего воздействия. При реализации оперативного управления осуществляется изменение состава работающего в ЭЭС оборудования и топологии сети.

Одной из важных задач управления является выбор состава работающего оборудования ГЭС, которая заключается во вводе определенного числа и состава оборудования, распределения нагрузки между введенным в работу оборудованием, а также в выводе работающего оборудования в резерв по различным режимным причинам [2].

Задача выбора состава работающего оборудования особенно актуальна для тех станций, которые имеют возможность полноценно участвовать в регулировании активной мощности, частоты, реактивной мощности и напряжения.

Из всех типов электрических станций наибольшей возможностью регулирования обладают гидростанции за счет высокой маневренности, которая определяется широким диапазоном изменения мощности гидроагрегата и малым временем его пуска; наличия возможности использовать гидрогенераторы в режиме синхронного компенсатора; полной автоматизации операций пуска останова на ГЭС, включая пуск и останов гидроагрегатов в генераторном режиме (ГР) и в режиме синхронного компенсатора (СК), а также переводы из одного режима в другой.

Изменение состава работающего оборудования на уровне управления ЭЭС определяется, главным образом, функцией поддержания баланса в энергосистеме. В этом случае решается вопрос о том, какую мощность нужно набрать ГЭС для выполнения балансных требований.

Для выполнения этих требований на станциях кроме ответа на вопрос, сколько включить или отключить единиц оборудования (выбор числа), необходимо решить также и задачу выбора состава и степени его загрузки. Существенно, что на процесс

принятия решения, связанного с изменением состава работающего оборудования на станциях, могут влиять, по меньшей мере, два режимных фактора:

1. Изменение текущей ситуации в ЭЭС, связанной с поддержанием баланса в ней.
2. Изменение текущей ситуации на станции, определяемой фактическим состоянием оборудования на ней с позиции экономичности и надежности его работы.

Таким образом, процесс принятия решения на заключительной фазе оперативного управления является многоцелевым по своей сути. Решение такой задачи невозможно без учета всех факторов, способных ограничить выработку ГЭС.

Для расширения возможностей управления числом и составом агрегатов необходимо выделить те ограничения, которые накладываются на режим работы гидростанций за счет изменения текущего эксплуатационного состояния и различных требований системного характера, определяющие режим работы станции в ЭЭС.

Ограничение установленной мощности есть значение вынужденного недоиспользования установленной мощности гидроэлектростанции (гидроагрегата).

При анализе ограничений установленной мощности на ГЭС выделяют:

1. эксплуатационные ограничения мощности, являющиеся следствием неисправностей и отказов в работе оборудования, некачественного ремонта, недостатков эксплуатации и зависящие от эксплуатационного и ремонтного персонала;
2. технические ограничения мощности, обусловленные:
  - конструктивными и технологическими особенностями и дефектами основного и вспомогательного оборудования;
  - ограничением по напору ГЭС;
  - взаимным несоответствием отдельных агрегатов по производительности и мощности (по мощности генератора или турбины, по работе технических систем и т.д.);
  - ухудшением не зависящих от персонала условий эксплуатации;
3. ограничения установленной мощности, связанные с режимными условиями работы ГЭС, в том числе временными и сезонными, которые не зависят от персонала:
  - недостаточность или неполноценность энергоресурса (вынужденное снижение уровня верхнего бьефа, снижение напора во время паводков за счет повышения уровня нижнего бьефа, маловодность, ухудшение ледовой обстановки и т.п.);
  - недостаточная пропускная способность линий электропередачи.
  - благоприятные условия для сброса через сооружения избытка воды, пропуска наносов, а также льда, если это предусмотрено проектом;
  - необходимые согласованные условия для нормального судоходства, рыбного хозяйства, орошения и водоснабжения;
  - соблюдение ограничений, согласованных с неэнергетическими водопользователями, и условий регулируемых системным оператором;
  - регулирование сбросных расходов с учетом требований безопасности и надежности работы гидротехнических сооружений и борьбы с наводнениями.

Взаимно согласованные условия, ограничивающие режимы сработки и наполнения водохранилища, включены в правила использования водных ресурсов и в правила эксплуатации водохранилища.

Эксплуатация гидроагрегата должна происходить с минимальными кавитационными повреждениями проточной части гидротурбины.

Перечисленные ограничения, в случае их наличия для конкретного гидроузла, должны быть учтены при выборе и планировании оптимальных режимов работы и оперативном управлении гидростанцией.

Все ограничения также можно классифицировать по двум признакам:

Безусловные или жестко заданные и строго контролируемые на предмет их обязательного исполнения. Невыполнение таких требований однозначно приводит к

отрицательным или катастрофическим последствиям. К ним относят ограничения по мощности турбины и генератора, нарушение предела передаваемой мощности по отходящей ЛЭП, обязательное число и состав гидроагрегатов, связанные с требованиями по надежности режима работы ЭЭС и др.

Условные или «превентивные», степень важности которых должна быть рассчитана и в соответствии с этим как бы «дозирована». К таким ограничениям относится значительная часть информации систем контроля за электрическими, механическими, тепловыми, вибрационными параметрами, срабатывание предупредительной сигнализации на агрегатном уровне, поддержание оптимального регулировочного диапазона по активной мощности на станционном уровне и др.

Первый вид ограничений относительно просто учесть в алгоритмах внутростанционной оптимизации, в которые они могут быть заложены заранее. Учет же фактического эксплуатационного состояния гидроагрегатов в виде условных ограничений зависит от изменения текущей ситуации и возможен только при оперативном управлении режимом ГЭС.

Стохастическая природа речного стока приводит к тому, что выработка электроэнергии ГЭС характеризуется существенной непредсказуемостью и изменчивостью на долгосрочном периоде планирования. Это значительно усложняет планирование и анализ режимов ГЭС в эксплуатационной практике.

ГЭС с водохранилищами большой емкости позволяют выполнять регулирование речного стока, приспособлявая случайный характер изменения речного стока к плановым требованиям энергетики и неэнергетических водопотребителей и водопользователей. Регулирование речного стока водохранилищами позволяет увеличить эффективность использования речного стока – снижать холостые сбросы, увеличивать КПД использования гидроресурсов. Недовыработка энергии происходит в основном из-за чрезмерных холостых сбросов.

Режим работы водохранилищ и ГЭС должен обеспечивать:

- максимальную энергоотдачу гидроэнергокомплекса;
- надёжную эксплуатацию подпорных гидротехнических сооружений, образующих водохранилища, безопасность объектов, находящихся в их зоне влияния;
- оптимальный режим обеспечения водой водопользователей и водопотребителей;
- сохранение и улучшение условий окружающей природной среды.
- выдачу в систему активной и реактивной мощности и энергии;
- частотный резерв мощности;
- аварийный резерв системы;
- соблюдение требований надёжной эксплуатации гидротехнических сооружений.

При планировании и анализе режимов ГЭС должны учитываться условия функционирования ГЭС в составе энергетических и водохозяйственных систем, что усложняет задачу планирования режимов ГЭС и делает ее задачей многоцелевого назначения. Решение ее невозможно без применения математических методов и моделей оптимизации, наиболее полно отражающих условия функционирования ГЭС в составе водно-энергетических систем.

В классическом случае решения задачи оптимизации все ограничения требуют составления большого количества уравнений нелинейного характера, которые будут учитывать все особенности, ограничения, прогнозируемый приток и действительный приток воды в водохранилище, требования предъявляемые энергетикой, надёжной эксплуатацией гидротехнических сооружений, неэнергетических водопользователей и водопотребителей. Решение и составление которых будет очень трудоёмкой задачей.

Аппарат нечеткой логики дает возможность обойти трудоёмкий процесс составления и решения систем нелинейных уравнений.

С помощью лингвистических переменных можно описывать явления, которые настолько сложны или плохо определены, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах.

Основная мысль создания модели управления заключается в том, чтобы на основе данных за лучший по экономическим показателям год обучить систему, тем самым создать модель искусственного интеллекта, которая будет принимать решение или служить в роле советчика человеку, принимающему решения.

Выбор самого оптимального года нужен для обучения нечеткой модели на основе данных по этому году. Именно аппарат нечеткой логики хорошо описывает сложные нелинейные зависимости, которые помимо этого еще и зависят друг от друга.

На основе экспериментальных данных (значений притоков к створу ГЭС и графика наполнения-сработки водохранилища за принятый оптимальный год) и опыта составления и обучения такой модели, погрешность рассчитанных на ее основе расходов в нижний бьеф ГЭС и рассчитанных значений соответствующей суточной выработки электроэнергии ГЭС составила около 2,4%.

При расчетах, проводимых с помощью уже обученной модели, в которую также заложены все имеющиеся ограничения, для каждого суток можем получить рекомендуемые для гидростанции оптимальные значения расхода воды через ГЭС и выработки электроэнергии, близкие к значениям соответствующего режима в самом оптимально сработанном году (выбранном для обучения).

Оптимальное управление использованием гидроресурсов водохранилищ ГЭС по критерию максимальной выработки электрической энергии является сложной слабоструктурируемой задачей и составить точную математическую модель на основе интегро-дифференциальных уравнений не представляется возможным. Это один из многочисленных случаев, когда только лишь накопленный бесценный опыт многолетней эксплуатации может подсказать правильную стратегию управления в будущем. Уникальным инструментом при решении задач с нечеткой исходной информацией является нечеткая логика. Это единственная теоретическая концепция, благодаря которой удается с помощью вычислительной техники использовать наиболее поразительное свойство человеческого интеллекта - способность принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации.

С помощью такой модели возможно выработать оптимальные стратегии по обеспечению максимальной энергоотдачи ГЭС и пропусков в нижний бьеф, сформировать предложения для создания подсистемы расчета режимов, графиков сработки и наполнения водохранилищ по критерию максимальной выработки электрической энергии.

Такая модель на основе нечеткого контроллера, способная учитывать индивидуальные особенности и ограничения для любой гидростанции после внедрения и опытной эксплуатации может стать хорошим помощником для оперативного персонала ГЭС.

#### Литература

1. Секретарев, Ю.А. Ситуационное управление энергетическими объектами и процессами электроэнергетической системы: монография [Текст] / Ю.А. Секретарев, С.А. Диденко, А.А. Караваев, Б.Н. Мошкин – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 308 с.
2. Секретарев, Ю. А. Основные принципы и модели превентивного управления гидроагрегатами с учетом их эксплуатационного состояния [Текст] / Ю. А. Секретарев, А. А. Жданович // Журнал СФУ, г. Красноярск: Издательство СФУ, 2010. – Т.3. - №3, С. 322-334.